

КОАГУЛЯЦИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕ МАГНЕТРОННОГО ВЧ РАЗРЯДА

COAGULATION OF DUST PARTICLES IN MAGNETRON RF DISCHARGE PLASMA

Паль А. Ф.^{1,2}, Рябинкин А. Н.^{1,2}, Серов А. О.^{1,2}, Филиппов А. В.¹

¹НИИЯФ МГУ, РФ, 119991, ГСП-1, Ленинские горы, дом 1, строение 2, Москва

²АО ГНЦ РФ ТРИНИТИ, РФ, 142190, ул. Пушкиновых, вл. 12, г. Москва, г.Троицк,

asеров@mics.msu.su

Наблюдаемая коагуляция одноименно заряженных частиц близкого размера объяснена на основе полученных экспериментальных данных о расположении ловушек, о скоростях и размерах частиц и теоретического рассмотрения электростатического взаимодействия двух частиц в разрядной плазме с учетом неоднородности распределения поверхностного заряда и с учетом однородного внешнего электрического поля. Частицы с массой более 10^{-10} г двигаются вдоль трека распыления и колеблются в вертикальной плоскости в области электрического поля напряженностью на уровне 100 В/см. В случае достаточно больших частиц размером в несколько микрон, обладающих измеренными колебательными скоростями, электростатическое отталкивание может быть преодолено. Это может служить объяснением наблюдаемой в эксперименте коагуляции.

Observed coagulation of like charged particles is explained basing on the obtained experimental material on the plasma trap location, particles sizes and velocities, and on the theoretical study of the electrostatic interaction of two particles in discharge plasma which accounts of the non-uniformity of the surface charge distribution in presence of the uniform external electric field. The observed particles having mass above 10^{-10} g move along the ring-shaped sputtered trench and simultaneously oscillate in the region where the electric field of the order of 100 V/cm exists. The particles with size of several microns, confined in the presheath of the RF magnetron discharge, represent the kinetic energy value that is sufficient for the electrostatic barrier overcoming. This may be the cause of the observed coagulation of particles having the near sizes.

Экспериментально наблюдался рост частиц, удерживаемых в плазме магнетронного ВЧ разряда над плоским медным электродом. Частицы зарождаются в плазме из распыленного материала и растут до микронных размеров в виде отдельных компактных кристаллитов. Частицы двигаются вдоль разрядного кольца в направлении дрейфа $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ и одновременно колеблются вертикально. Наблюдается коагуляция частиц в плазме по достижении ими определенного размера. Частицы с массой более 10^{-10} г левитируют в области электрического поля напряженностью на уровне 100 В/см. Проведено теоретическое рассмотрение электростатического взаимодействия двух частиц в разрядной плазме. Наличие электрического поля указанной величины в области взаимодействия существенно снижает энергетический барьер, который должен быть преодолен для коагуляции двух одноименно заряженных сферических частиц близкого размера. Частицы с размерами в несколько микрон и более, удерживаемые в предслое, обладают кинетической энергией, достаточной для преодоления этого барьера, что может служить причиной наблюдаемой коагуляции частиц. Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-12-10424.